Linzer biol. Beitr.	37/2	1431-1450	16.12.2005

Ressourcenaufteilung alpiner Gemeinschaften von Tagfaltern (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea) und Widderchen (Zygaenoidea): Phänologie, Höhen- und Biotoppräferenzen

J. NEUMAYER, P. GROS & M. SCHWARZ-WAUBKE

A b s t r a c t : Resource partitioning in alpine communities of butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea) and burnet moths (Zygaenoidea): phenology, altitude preference and biotope preferences.

38 species of butterflies and burnet moths could be recorded at four study sites in the proximity of the Großglockner-Hochalpenstraße (Österreich, Salzburg) between 1750 and 2620 m asl. Among them are three species (*Colias palaeno, Plebeius optilete, Aricia eumedon*) of the Red data book of Salzburg (EMBACHER 1996b)

The number of observed species was similar at the three study sites between 1750m asl and 2350m asl (21, 26 and 29 species), whereas at the site above 2500m asl only seven butterfly species could be found. In addition to three high alpine species four migrating species made up the main part of the observed butterflies there.

Differences in phenology were obvious: Early emerging species appeared mainly in July. A second group of species mainly could be observed between the end of July and the 20th of August, whereas late appearing species mainly occurred after the 20th of August. The portion of migrating butterfly species increased at the end of the season at all elevations. Beyond that some butterfly species showed distinct preferences for single vegetation units or habitat structures.

Considering elevation preferences, phenology and biotope preferences 15 distinct species groups could be differentiated. These groups consist of one to three species with similar spatiotemporal distribution patterns. Hence the three factors investigated in this paper lead to a substantial niche partitioning.

K e y w o r d s : butterfly, burnet, community, phenology, biotope preference, elevation preference.

1 Einleitung

Die Hochlagen des Nationalparks Hohe Tauern beherbergen eine bemerkenswert reichhaltige Gemeinschaft tagaktiver Schmetterlinge (EMBACHER 1996a, 2000, 2001, GROS & EMBACHER 1998). Artenreiche Schmetterlingsgemeinschaften sind wegen der Ähnlichkeit der Lebensweise der Adulttiere ein hervorragendes Objekt für die Untersuchung von Ressourcenaufteilung und Nischendifferenzierung (KERR 2001). Da die Populationen vieler Schmetterlingsarten im Rückgang begriffen und oftmals

gefährdet sind (VAN SWAAY & WARREN 1999), haben genaue Kenntnisse über ihre Lebensraumansprüche auch essentielle Bedeutung für deren Schutz.

Trotz des Vorhandenseins grundlegender Verbreitungsdaten, sind die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten jedoch nur unzureichend bekannt. Vorliegende Arbeit behandelt Phänologie, Höhen- und Biotoppräferenzen der Schmetterlingsgemeinschaft und der einzelnen Arten.

Folgende Fragestellungen liegen ihr zugrunde:

- Gibt es phänologische Unterschiede einzelner Schmetterlingsarten der untersuchten alpinen Schmetterlingsgemeinschaft und teilen sich die Arten die Ressourcen in der Jahreszeit auf (seasonal partitioning)?
- Sind Unterschiede in der Höhenpräferenz zwischen den einzelnen Arten nachweisbar?
- Sind Unterschiede zwischen den einzelnen Arten in der Präferenz für bestimmte Habitatstrukturen nachweisbar?

2 Untersuchungsgebiet und Methodik

Als Untersuchungsflächen wurden vier Untersuchungsflächen im Nationalpark Hohe Tauern (Salzburg, Österreich) in der Nähe der Großglockner-Hochalpenstraße ausgewählt (Abb. 1). Diese beherbergen verschiedene Vegetationseinheiten (Weiden, Zwergstrauchheiden, Hochstaudenbestände, Schuttfluren und eingesäte Flächen entlang der Straße) unterschiedlicher Höhenlage und Exposition.

<u>Hochmais (1750-1850 m NN)</u> (HM)

Diese subalpine Untersuchungsfläche liegt an einem Westhang mit großen Beständen von Zwergsträuchern. Nach der Blüte der Zwergsträucher bietet sie vor allem im Juli und August ein nennenswertes aber relativ artenarmes Blütenangebot, dominiert von *Arnica montana*. Im Sommer erfolgt eine Beweidung mit Rindern, daher wachsen die Kräuter und Gräser zwischen den hohen Zwergsträuchern nur niedrig. Direkt neben der Großglockner-Hochalpenstraße befinden sich in der Untersuchungsfläche Hochmais künstlich begrünte Flächen und größere Hochstaudenbestände.

<u>Oberes Nassfeld (2250-2300 m NN)</u> (ON)

Eine Hälfte der alpinen Untersuchungsfläche, in unmittelbarer Umgebung der Hochalpinen Forschungsstation, liegt relativ eben und ist durch viele hochwüchsige, düngerzeigende Hochstaudenpflanzen ausgezeichnet. Der angrenzende steile Südwest-Hang, eine blütenreiche alpine Matte, weist größtenteils eine geschlossene Vegetationsdecke auf und ist mit vegetationsfreien steinigen und erdigen Bereichen durchsetzt. Ab August erfolgt eine Beweidung der gesamten Untersuchungsfläche mit Rindern.

<u>Mittertörl (2280-2370 m NN)</u> (MT)

Der Großteil der ebenfalls alpinen Untersuchungsfläche liegt an einem steilen Süd- und Osthang. Im südöstlichen Teil des Gebietes befinden sich einige fast ebene Bereiche mit niedrigwüchsigen alpinen Rasengesellschaften und artenarmem Blütenangebot, Die steilen Hangbereiche sind dagegen von blütenreichen alpinen Matten (überwiegend basiphile Rasen) geschlossen bis lückig bewachsen und mit kleinflächigen Schutthalden

durchsetzt. Im Sommer erfolgt eine Beweidung mit Rindern und Schafen, die die steilsten Teile aber nur extensiv nutzen.

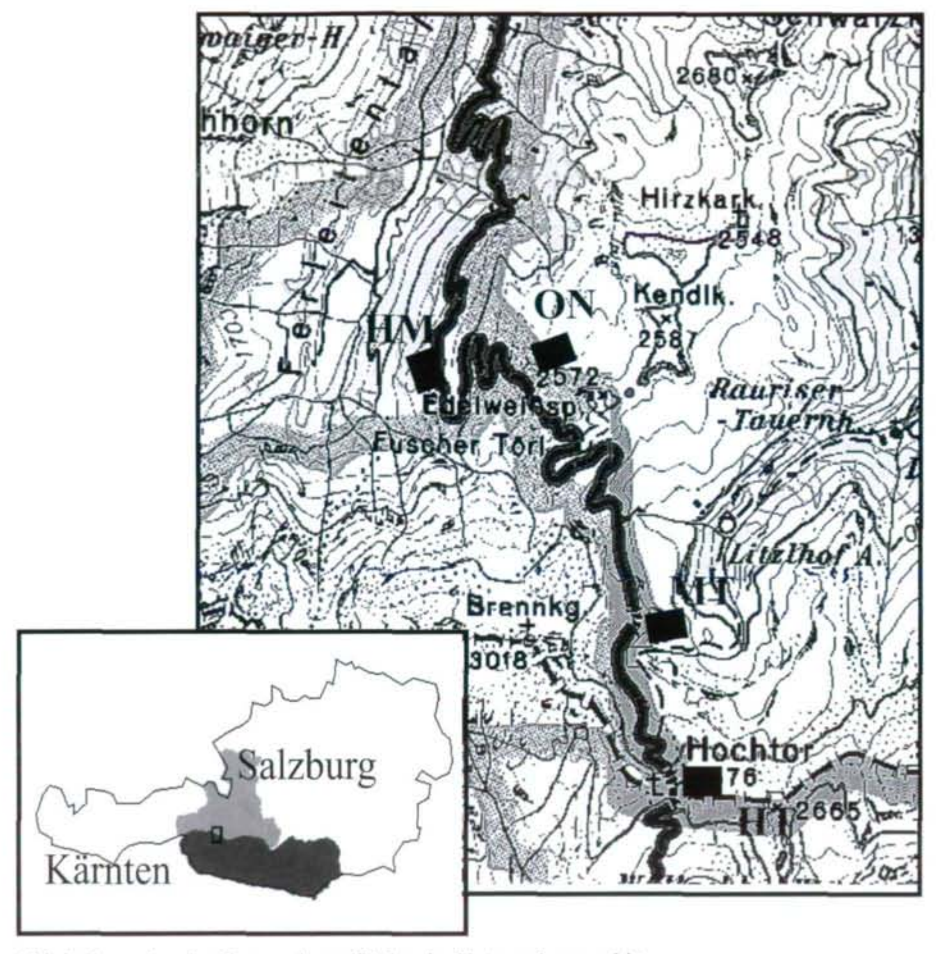


Abb. 1: Lage der vier Untersuchungsflächen im Untersuchungsgebiet.

HM: Untersuchungsfläche Hochmais, 1750-1850 m NN
ON: Untersuchungsfläche Oberes Naßfeld, 2250-2300 m NN
MT: Untersuchungsfläche Mittertörl, 2280-2370 m NN
HT: Untersuchungsfläche Hochtor, 2500-2620 m NN

Hochtor (2500-2620 m NN) (HT)

Diese alpin-nivale Untersuchungsfläche liegt zum Großteil an einem Osthang mit Blockschutt und den dazugehörigen Schuttfluren. An den übrigen, östlich exponierten Stellen wächst überwiegend eine lückige Polsterpflanzenvegetation. An der höchsten Stelle des Untersuchungsgebietes liegt ein kleines Plateau mit einer geschlossenen

artenarmen Lägerflur. Die gesamte Untersuchungsfläche wird extensiv mit Schafen beweidet.

Der Untersuchungszeitraum reichte von Anfang Juli bis Anfang September 1997 und umfasste sieben Dekaden. In jeder Dekade wurden in der Regel an zwei Tagen Beobachtungen durchgeführt, wobei auf jede der vier Untersuchungsflächen jeweils ein Halbtag entfiel. Der Untersuchungszeitraum umfasste den gesamten Zeitraum, in dem Tagfalter, Dickkopffalter oder Widderchen im Hochgebirge zu erwarten sind. Ab 10. September erfolgten keine regelmäßigen Beobachtungen mehr, da nur mehr wandernde Arten nachgewiesen werden konnten.

Dekade	Zeitraum	Dekade	Zeitraum	Dekade	Zeitraum
VII/1	1.-10. Juli	VIII/1	1.-10. August	IX/1	1.-10. September
VII/2	11.-20. Juli	VIII/2	11.-20. August		
VII/3	21.-31. Juli	VIII/3	21.-31. August		

Auf den vier Untersuchungsflächen wurden während der Begehungen alle beobachteten Papilionoidea, Hesperioidea und Zygaenoidea notiert. Pro Untersuchungsfläche wurden jeweils einen ganzen Vormittag (von 8-12 Uhr MEZ) oder Nachmittag (12-16 Uhr MEZ) Daten erhoben. Von einem Beobachtungszeitraum zum nächsten wurde die Reihenfolge der Beobachtungen so geändert, dass jede Fläche zu jeder Tageszeit untersucht wurde.

Die Begehungen fanden bei für Schmetterlinge günstigem Wetter (kein Niederschlag, kein stärkerer Wind, ausreichende Temperatur) statt. Daten zur vorherrschenden Wettersituation wurden notiert. Es ist im Hochgebirge kaum möglich, die für eine Aktivität von witterungsempfindlichen Insekten, wie Schmetterlingen, aber auch Bienen (NEUMAYER & PAULUS 1999), geeigneten Bedingungen mittels nur eines Parameters wie der Temperatur zu erfassen. Dieselbe Temperatur von z. B. 10°C kann bei Bewölkung und Wind völlig ungeeignet für den Blütenbesuch durch Tagfalter sein, bei wolkenlosem Wetter und starker Einstrahlung jedoch durchaus geeignet. Die dunklen Farbmuster vieler alpiner Arten sind ja als Mechanismen zur passiven Körpererwärmung durch eingefangene Strahlung zu verstehen (VIELMETTER 1958, KINGSOLVER & MOFFAT 1982, SCHMITZ 1994, SCHMITZ & TRIBUTSCH 1994).

Für Vergleichswerte zu den Höhenpräferenzen der beobachteten Falterarten wurden die Höhenangaben der Fundorte von insgesamt 3514 Individuen aus der Salzburger Landessammlung im Museum "Haus der Natur" ausgewertet. Höhenangaben wurden den Fundortetiketten entnommen oder aufgrund der Ortsangaben aus der Österreichischen Karte erhoben. Daraus wurden Höhenklassen von jeweils 100 m gebildet. Wenn Höhenangaben mehrere Höhenklassen umfassten (z. B. 1100-1300 m NN), wurde das betreffende Sammlungsexemplar jeder der betroffenen Höhenklassen anteilig zugerechnet (im Beispielsfall: jeweils zu 50 % den Höhenklassen 1100-1200 m und 1200-1300 m NN). Fundorte mit Höhenamplituden über 400 m wurden nicht berücksichtigt.

Für die Erhebung der Biotoppräferenzen wurde ausgewertet, in welchem Biotoptyp ein auf einer Untersuchungsfläche beobachteter Falter gefunden wurde. Folgende Biotoptypen wurden unterschieden: Zwergstrauchgesellschaften, Hochstaudengesellschaften, Weiderasen, alpine Matten, Schuttfluren und künstlich begrünte, rekultivierte Flächen. Als

Präferenz wird definiert, wenn mehr als 50 % der Beobachtungen einer Falterart in einer bestimmten Vegetationseinheit erfolgten.

Die Nomenklatur der Schmetterlinge richtet sich nach KARSHOLT & RAZOWSKI (1996). In Abbildungen und Tabellen wurden die Artnamen abgekürzt, indem jeweils die ersten drei Buchstaben des Gattungs- und des Artnamens verwendet werden (z.B. *Ere gor* = *Erebia gorge*).

Die Datenmatrix der Nischenüberlappungen der einzelnen Arten wurde mittels percentage-similarity.Index (TERÄS 1985) errechnet:

$PS_{ij} = \min(P_{ih}, P_{jh})$

PS_{ij}: Percentage similarity index.

P_{ih}: Anteil einer Einheit der Nischendimension h (Höhenstufe, Zeitraum...) am gesamten von Art i genutzten Spektrum.

P_{jh}: Anteil einer Einheit der Nischendimension h (Höhenstufe, Zeitraum...) am gesamten von Art j genutzten Spektrum.

Dendrogramme wurden mittels des statistischen Programmpakets SPSS durch "Average Linkage (between groups)" mittels des Faktors φ^2 erstellt.

3 Ergebnisse

3.1 Vorkommen der festgestellten Falterarten (Zygaenoidea, Hesperioidea und Papilionoidea) auf den einzelnen Untersuchungsflächen

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden insgesamt 38 Falterarten auf den vier Untersuchungsflächen registriert (Tab. 1). Die Artenzahlen der drei Untersuchungsflächen zwischen 1750 und 2350 m NN waren ähnlich. Nur die Fläche über 2500 m NN (Hochtor) beherbergte mit insgesamt sieben Falterarten deutlich weniger. Davon waren nur drei typisch alpine Arten: *Erebia gorge*, *E. pandrose* und *Zygaena exulans*, die restlichen vier (*Vanessa cardui*, *V. atalanta*, *Pieris rapae* und *Aglais urticae*) waren Wanderfalter. Jede dieser sieben Arten wurde auf allen vier Untersuchungsflächen festgestellt.

Tab. 1: Auf den einzelnen Untersuchungsflächen im Jahr 1997 festgestellte Falterarten. HM: Hochmais; ON: Oberes Naßfeld; MT: Mittertörl; HT: Hochtor. n: Individuenzahl (n = 0: Tiere außerhalb der Begehungen beobachtet). (X): außerhalb der Begehungszeit registriert.

Art	Abkürzung	HM	ON	MT	HT	n
Zygaenoidea, Zygaenidae						
Zygaena exulans (REINER & HOHENWARTH 1792)	*Zyg exu*	X	X	X	X	35
Adscita geryon chrysocephala (NICKERL 1845)	*Ads ger*		X	X		29
Hesperioidea, Hesperioidae						
Pyrgus warrenensis (VERITY 1928)	*Pyr war*	X	X	X		23
Pyrgus andromedae (WALLENGREN 1853)	*Pyr and*			X		7
Pyrgus cacaliae (RAMBUR [1839])	*Pyr cac*	X	X	X		13

Art	Abkürzung	HM	ON	MT	HT	n
Papilionoidea, Papilionidae						
Parnassius phoebus (FABRICIUS 1793)	*Par pho*		(X)	(X)		0
Pieridae						
Colias palaeno (LINNAEUS 1761)	*Col pal*	X				26
Colias phicomone (ESPER 1780)	*Col phi*		X	X		1
Gonepteryx rhamni (LINNAEUS 1758)	*Gon rha*	X				1
Pieris rapae (LINNAEUS 1758)	*Pie rap*	X	X	X	X	33
Pieris bryoniae (HÜBNER [1806])	*Pie bry*	X		X		3
Nymphalidae						
Inachis io (LINNAEUS 1758)	*Ina io*	X	X			3
Vanessa atalanta (LINNAEUS 1758)	*Van ata*	X	X	X	X	26
Vanessa cardui (LINNAEUS 1758)	*Van car*	X	X	X	X	3
Aglais urticae (LINNAEUS 1758)	*Agl urt*	X	X	X	X	98
Boloria pales ([DENIS & SCHIFFERMÜLLER] 1775)	*Bol pal*	X	X	X		58
Boloria napaea (HOFFMANNSEGG 1804)	*Bol nap*	X	X	X		14
Melitaea asteria (FREYER 1828)	*Mel ast*		X	X		12
Euphydryas cynthia ([DENIS & SCHIFFERM.] 1775)	*Eup cyn*			X		5
Euphydryas aurinia debilis (OBERTHÜR 1809)	*Eup aur*		X			6
Oeneis glacialis (MOLL 1783)	*Oen gla*		X	X		26
Erebia euryale (ESPER 1805)	*Ere eur*	X				29
Erebia eriphyle (FREYER 1839)	*Ere eri*	X	X			20
Erebia manto ([DENIS & SCHIFFERMÜLLER] 1775)	*Ere man*	X	X			17
Erebia epiphron (KNOCH 1783)	*Ere epi*	X	X	X		12
Erebia pharte (HÜBNER [1804])	*Ere pha*	X	X			26
Erebia melampus (FUESSLY 1775)	*Ere mel*	X				3
Erebia gorge (HÜBNER [1804])	*Ere gor*	X	X	X	X	71
Erebia nivalis LORKOVIC & DE LESSE 1954	*Ere niv*		X	X		35
Erebia pronoe (ESPER 1780)	*Ere pro*	X	X			44
Erebia pandrose (BORKHAUSEN 1788)	*Ere pan*	X	X	X	X	68
Coenonympha gardetta (DE PRUNNER 1798)	*Coe gar*	X	X	X		12
Lycaenidae						
Lycaena tityrus subalpinus (SPEYER 1851)	*Lyc tit*	X				1
Cupido minimus (FUESSLY 1775)	*Cup min*		X			5
Aricia eumedon (ESPER 1780)	*Ari eum*		X			0
Plebeius optilete (KNOCH 1781)	*Ple opt*	X				9
Plebeius orbitulus (DE PRUNNER 1798)	*Ple orb*	X	X			19
Polyommatus semiargus (ROTTEMBURG 1775)	*Pol sem*		X			0
Summe		**26**	**29**	**21**	**7**	**793**

3.2 Phänologie

Abb. 2 zeigt das jahreszeitliche Auftreten der Tagfalter und Widderchen auf den vier Untersuchungsflächen. Auf den drei tiefer gelegenen Untersuchungsflächen waren über den Großteil der Blühsaison ungefähr gleich viele Schmetterlinge zu beobachten. Auf der höchstgelegenen Fläche (HT) kam es wegen des starken Auftretens von Wanderfaltern zu einem eindeutigen Abundanzmaximum im September. Die mittlere Individuenzahl auf den einzelnen Untersuchungsflächen war ebenfalls – wiederum mit Ausnahme der höchstgelegenen Fläche HT – sehr ähnlich.

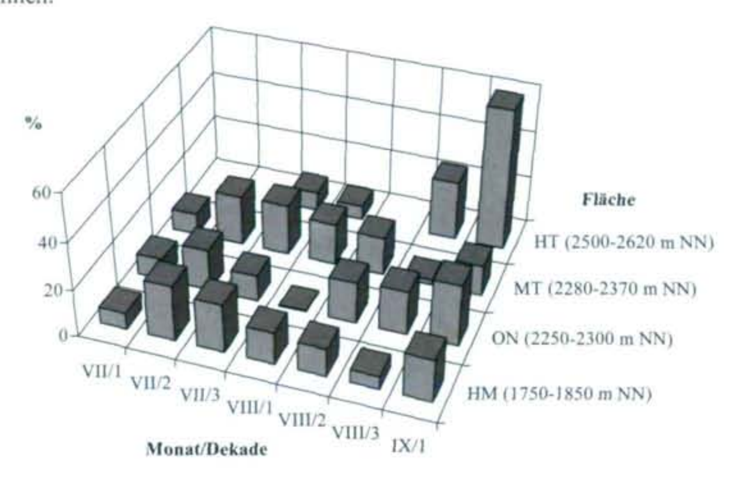


Abb. 2: Relative Häufigkeit der Tagfalter und Widderchen auf den vier Untersuchungsflächen im Jahresverlauf.

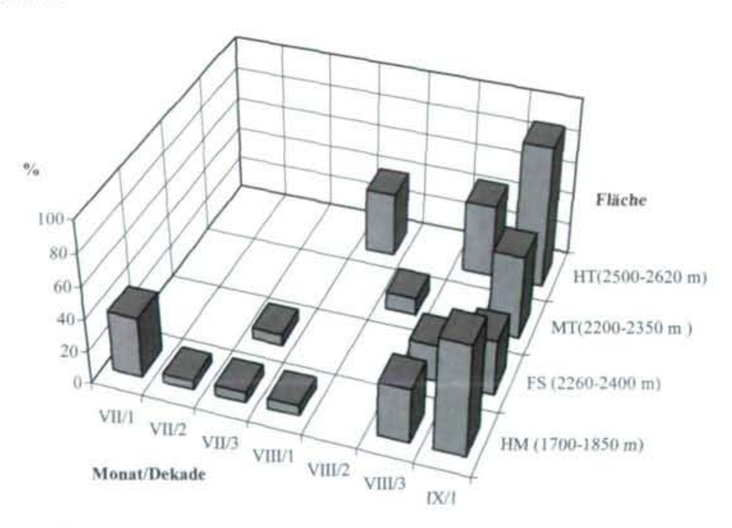


Abb. 3: Relativer Anteil der Wanderfalter (*Aglais urticae*, *Inachis io*, *Vanessa atalanta*, *V. cardui*, *Pieris rapae*, *Gonepteryx rhamni*) an der gesamten Falterfauna auf den Untersuchungsflächen im Jahresverlauf.

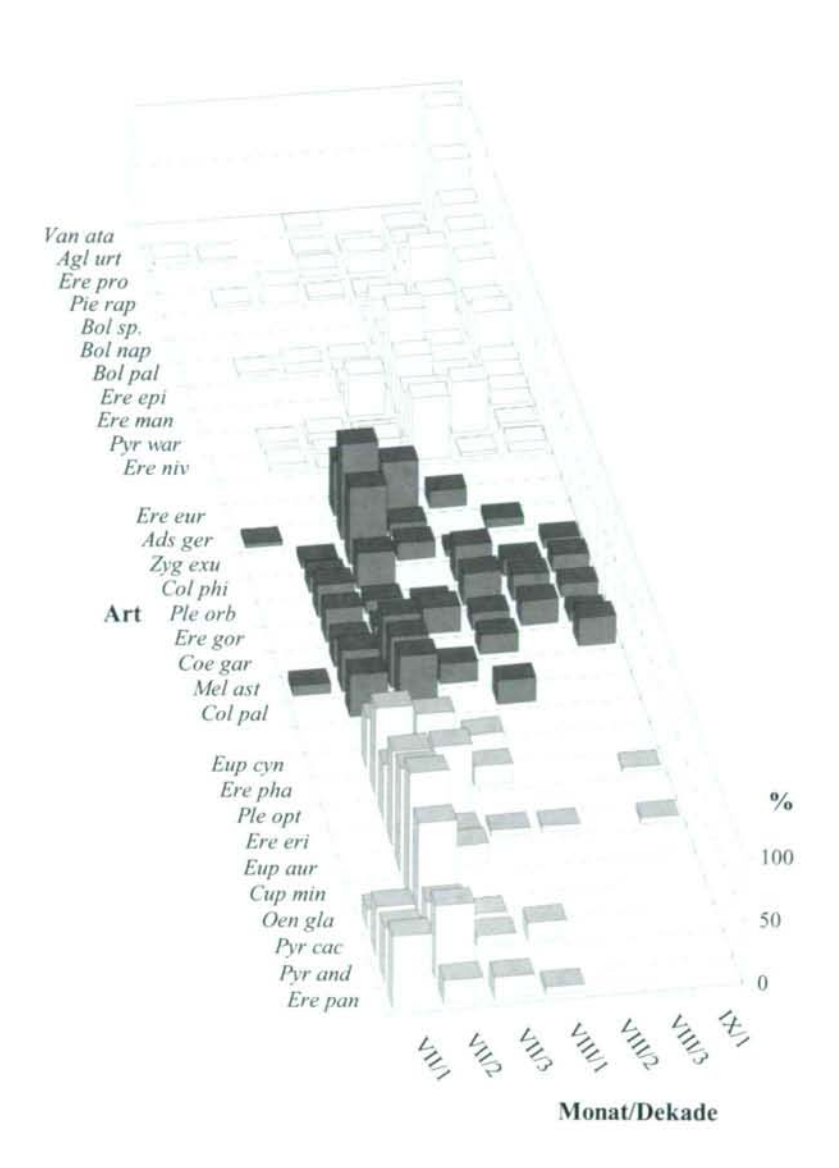


Abb. 4: Phänologie der einzelnen Falterarten im Untersuchungsgebiet. Nicht alle Individuen der beiden ähnlichen Arten *Boloria pales* und *B. napaea* konnten im Freiland sicher zugeordnet werden. Diese Tiere wurden als *Boloria* sp. bezeichnet. Arten mit weniger als fünf Beobachtungen sind nicht berücksichtigt.

Der Anteil der Wanderfalter nahm im Herbst auf allen Flächen zu (Abb. 3). Aufgrund der geringeren Dichte autochthoner Falter am Hochtor stellten Wanderfalter dort den Hauptteil der Falterarten überhaupt.

Auch zwischen den einzelnen Falterarten konnten phänologische Unterschiede festgestellt werden (Abb. 4). Drei Gruppen waren deutlich unterscheidbar:

Gruppe 1: Von den "frühfliegenden" Arten konnten Imagines vor allem in den zwei ersten Juliwochen festgestellt werden. Abgesehen von *Erebia pharte* und *E. eriphyle*, bei denen vereinzelt ältere Weibchen noch Ende August beobachtet wurden, flogen die Imagines der Arten der ersten Gruppe nur bis Anfang August.

Gruppe 2: Die Hauptflugzeit der Arten dieser Gruppe lag zwischen Ende Juli und dem 20. August und die höchste Abundanz im August.

Gruppe 3: Die Arten dieser Gruppe wurden hauptsächlich nach dem 20. August beobachtet. Ab Ende August wanderten einige Falterarten verstärkt ein, die auch in den Tallagen weit verbreitet sind: *Gonepteryx rhamni, Pieris rapae, Inachis io* und *Aglais urticae*. Auch die bekannten Wanderfalter *Vanessa atalanta* und *V. cardui* konnten gegen Ende der Untersuchungszeit festgestellt werden.

Die frühen Arten traten über einen signifikant kürzeren Zeitraum auf als die später auftretenden Arten (t-Test, $p = 0,021$) (vgl. Abb. 4).

Aglais urticae konnte auf der Untersuchungsfläche Hochmais beinahe während der ganzen Saison festgestellt werden. Auch Raupen wurden dort gefunden. Obwohl *Aglais urticae* also bis an die Waldgrenze autochthon ist, trat sie am Sommerende in großen Dichten bis in die höchsten untersuchten Regionen auf. Die beobachteten Individuendichten können nur durch Zuwanderung zustande kommen.

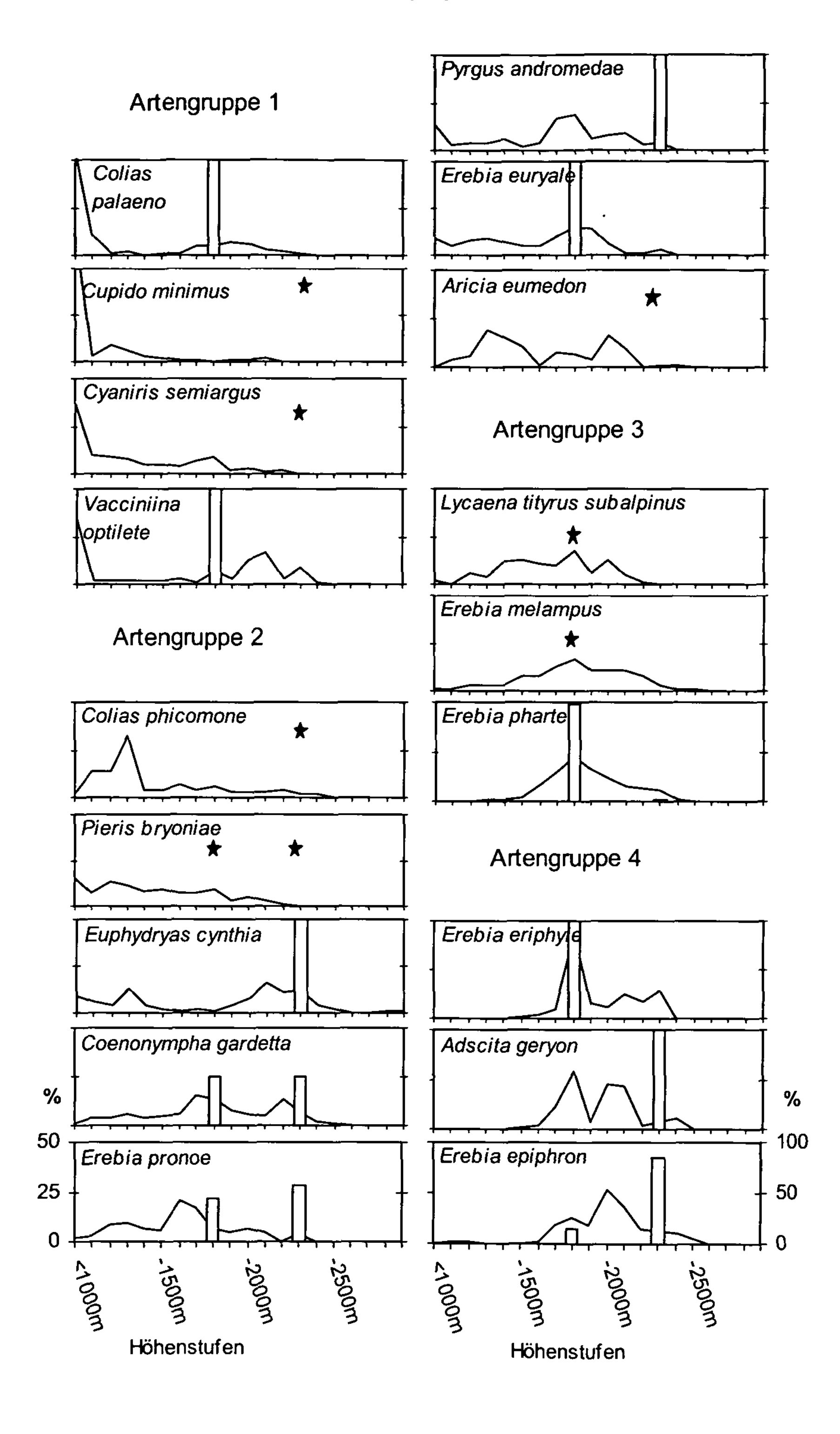
3.3 Höhenpräferenz

Die Höhenpräferenzen einzelner Arten unterschieden sich deutlich voneinander (Abb. 5). 13 Arten kamen bevorzugt in der subalpinen Stufe vor, davon konnten sieben ausschließlich dort gefunden werden. 18 Arten präferierten die alpine Zone. Von diesen wurden neun Arten ausschließlich dort gefunden. Es gab keine autochthonen Arten, die die hochalpin-nivale Zone bevorzugten. Nur die beiden Wanderfalterarten *Aglais urticae* und *Vanessa atalanta* zeigten auf diesen Flächen die höchste Abundanz.

Die Ergebnisse der Freilanddaten decken sich im Großen und Ganzen gut mit den Daten aus dem Sammlungsmaterial der Salzburger Landessammlung (Abb. 5). Allerdings können Arten, die über der Waldgrenze ähnliche Verbreitungsmuster zeigen, in ihrer gesamten Höhenverbreitung deutlich differieren:

Nur die Arten der Gruppen 4 und 5 sind echte Hochgebirgsarten. Die Arten der Gruppe 4 zeigen den Verbreitungsschwerpunkt im Subalpinbereich, erreichen aber auch die Alpinstufe, während die Arten der Gruppe 5 hauptsächlich in der Alpinstufe vorkommen. Die drei Arten der Gruppe 3 sind hauptsächlich subalpin verbreitet und erreichen die Alpinstufe nur peripher. Den Arten der Gruppen 1 und 2 schließlich ist eine weite Höhenverbreitung gemeinsam. Die Arten der Gruppe 1 kommen schwerpunktmäßig in Lagen unter 1000 m NN vor, während die Arten der Gruppe 2 hauptsächlich über 1000 m NN vorkommen.

Nach Höhenverbreitung und Phänologie können sieben Artengruppen mit ähnlichen Nischen bezüglich Höhenverbreitung und Phänologie abgegrenzt werden (Abb. 6), die sich folgendermaßen charakterisieren lassen:


Artengruppe 1
Colias palaeno
Cupido minimus
Cyaniris semiargus
Vacciniina optilete
Artengruppe 2
Colias phicomone
Pieris bryoniae
Euphydryas cynthia
Coenonympha gardetta
Erebia pronoe
Pyrgus andromedae
Erebia euryale
Aricia eumedon
Artengruppe 3
Lycaena tityrus subalpinus
Erebia melampus
Erebia pharte
Artengruppe 4
Erebia eriphyle
Adscita geryon
Erebia epiphron
%
50
25
0
100
50
0
<1000m
-1500m
-2000m
-2500m
Höhenstufen

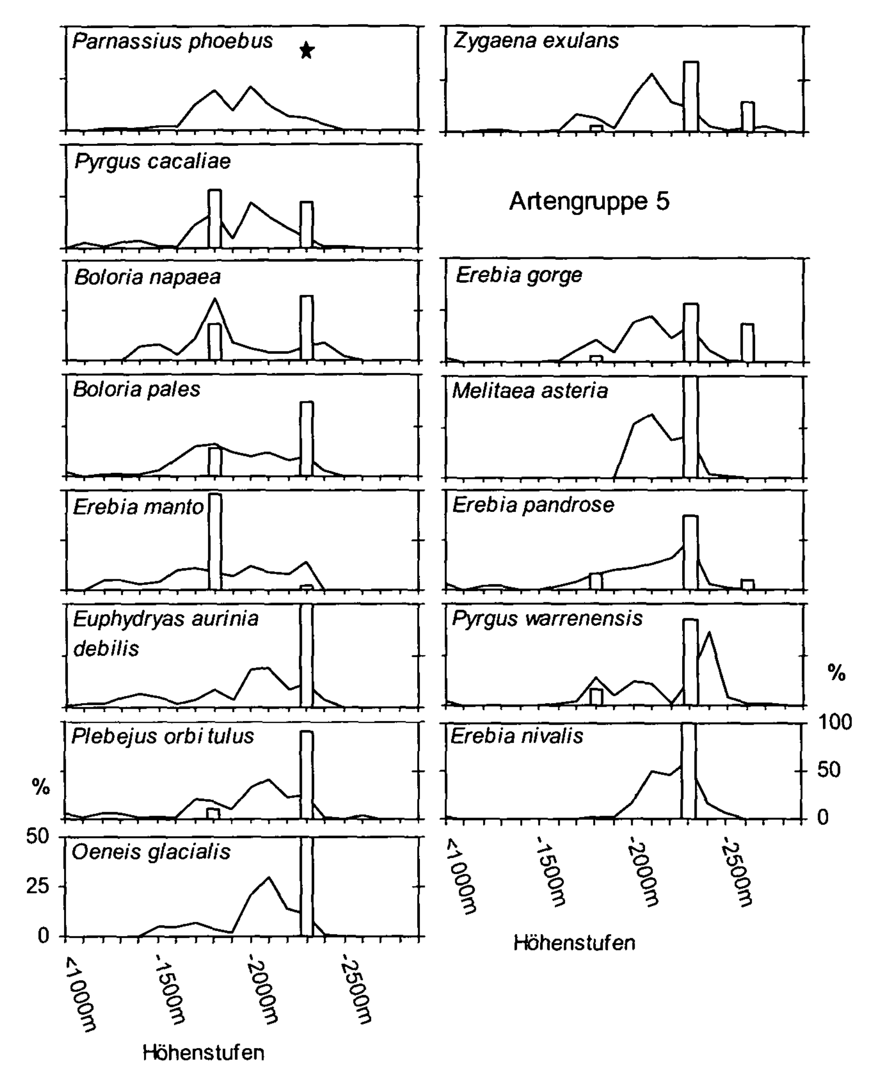


Abb. 5: Vorkommen der beobachteten tagaktiven Schmetterlingsarten in den einzelnen Höhenstufen (Säulen, *[bei n<5], rechte y-Achse) und Höhenverbreitung nach Sammlungsmaterial aus der Salzburger Landessammlung am Museum "Haus der Natur" (Flächen, linke y-Achse). Die Arten wurden nach der Ähnlichkeit der Vorkommenshäufigkeit in verschiedenen Höhenstufen gruppiert.

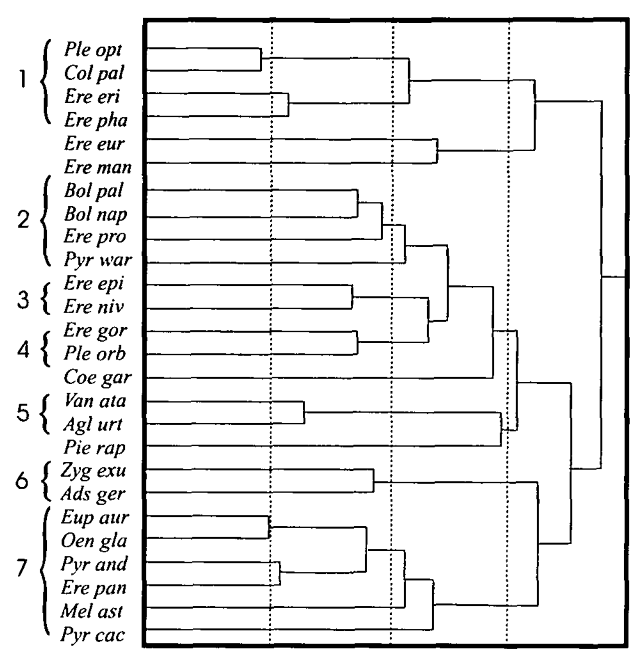


Abb. 6: Ähnlichkeit der Höhenpräferenz und Phänologie der einzelnen Schmetterlingsarten (Dendrogram using average linkage, φ^2).

Gruppe 1: relativ frühfliegende Arten subalpiner Lagen: *Plebeius optilete, Colias palaeno, Erebia eriphyle, E. pharte.*

Gruppe 2: spät fliegende Arten subalpiner und alpiner Lagen: *Boloria pales, B. napaea, Erebia pronoe, Pyrgus warrenensis.*

Gruppe 3: spät fliegende Arten überwiegend alpiner Lagen: *Erebia epiphron, E. nivalis.*

Gruppe 4: mittelspät fliegende und lang auftretende Arten alpiner (bis nivaler) Regionen: *Plebeius orbitulus, Erebia gorge.*

Gruppe 5: Wanderfalter, die sehr spät im Jahr flogen und die höchsten Lagen bevorzugten: *Vanessa atalanta, Aglais urticae.*

Gruppe 6: mittelspäte Arten der alpinen bis nivalen Stufe: *Zygaena exulans, Adscita geryon.*

Gruppe 7: frühfliegende Arten vorwiegend der alpinen Stufe (einige Arten auch in der subalpinen oder der Nivalstufe): *Euphydryas aurinia, Oeneis glacialis, Pyrgus andromedae, Erebia pandrose, Melitaea asteria, Pyrgus cacaliae.*

Weitere vier Arten sind aufgrund der Höhenverbreitung und Phänologie von allen anderen Arten deutlich separiert: *Erebia euryale, E. manto, Coenonympha gardetta, Pieris rapae.*

3.4 Biotopräferenz

Die meisten Schmetterlinge wurden auf Weiden (32,1 %) und alpinen Matten (26,6 %) beobachtet, gefolgt von den Zwergstrauchgesellschaften (13 %) und alpinen Schuttfluren (11,2 %). Die wenigsten Falterbeobachtungen erfolgten auf den rekultivierten Flächen (9,4 %) und in den Hochstaudenfluren (7,5 %). Auf den kultivierten Flächen wurden besonders Wanderfalter (z. B. *Pieris rapae*) und *Coenonympha gardetta* gefunden. Bei vielen Schmetterlingsarten konnte eine Präferenz für einen bestimmten Biotoptyp gefunden werden (Abb. 7).

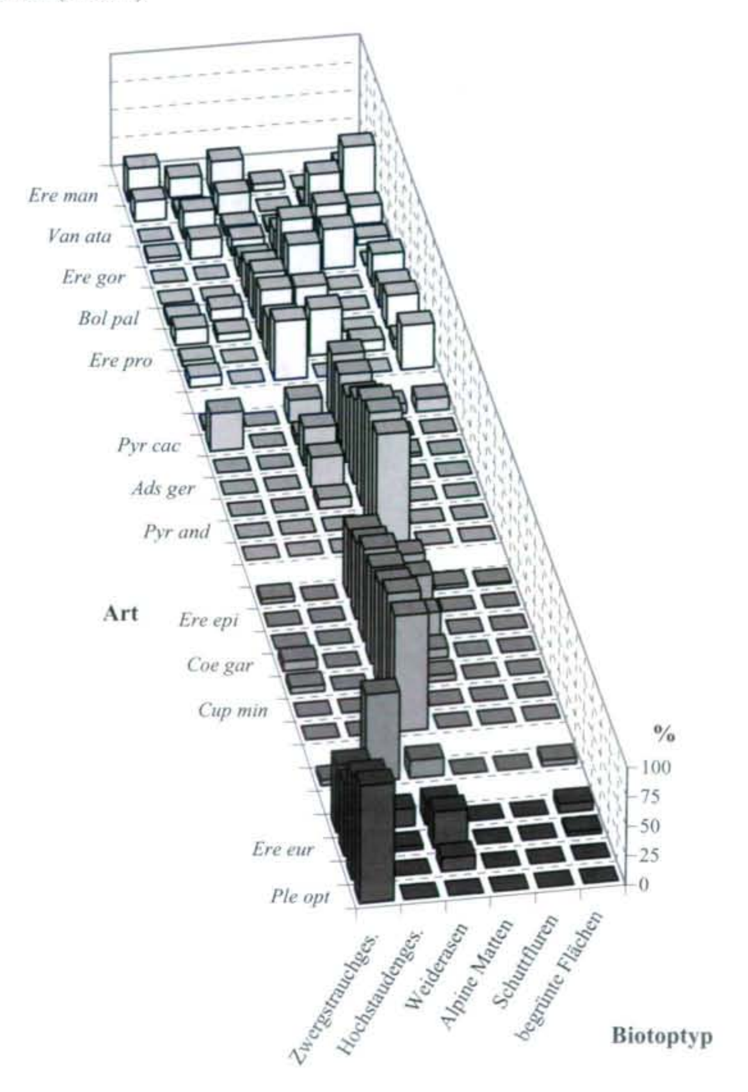


Abb. 7: Vorkommen der einzelnen Falterarten in verschiedenen Vegetationseinheiten.

Höhenverbreitung und Präferenz für bestimmte Biotoptypen korrelieren stark, weil einige Biotoptypen nur in bestimmten Höhenbereichen vorkommen. Folgende Artengruppen mit ähnlichem Verhalten bezüglich Höhenverbreitung und Phänologie (Abb. 8) konnten weiter differenziert werden:

<table>
<tr><th colspan="5">spät</th><th colspan="3">mittel</th><th colspan="2">früh</th><th colspan="2">Phänolog. Auftreten</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Pieris rapae, Vanessa atalanta, Aglais urticae,</td><td rowspan="5">Boloria pales, Boloria napaea, Erebia pronoe</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="4">Erebia manto</td><td rowspan="2" colspan="2"></td><td></td><td colspan="2">Erebia eriphyle</td><td>Hochstaudenfluren</td><td rowspan="3">subalpin</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Erebia euryale</td><td colspan="2">Colias palaeno, Erebia pharte, Plebeius optilete</td><td>Zwergstrauchgesellschaften</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Erebia epiphron</td><td rowspan="2" colspan="2">Coenonympha gardetta</td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">Weiderasen</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Erebia nivalis, Pyrgus warrenensis</td><td rowspan="3">Zygaena exulans
Adscita geryon</td><td colspan="2">Euphydryas aurinia
Oeneis glacialis</td><td rowspan="2">alpin</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>Plebeius orbitulus</td><td rowspan="2">Erebia gorge</td><td rowspan="2">Melitaea asteria, Erebia pandrose</td><td>Pyrgus andromedae
Pyrgus cacaliae</td><td>alpine Matten</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td>nival</td></tr>
</table>

Abb. 8: Räumlich-zeitliche Verteilung der tagaktiven Schmetterlinge im Untersuchungsgebiet.
Flugzeiten: früh: Hauptflugzeit = Anfang bis Mitte Juli;
mittel: Hauptflugzeit = Ende Juli bis Mitte August;
spät: Hauptflugzeit = Ende August bis September.

Gruppe 1: *Erebia eriphyle* bevorzugte deutlich Hochstaudengesellschaften, während *E. pharte*, *Plebeius optilete* und *Colias palaeno* fast ausschließlich in Zwergstrauchgesellschaften zu finden waren.

Gruppe 4: *Plebeius orbitulus* präferierte Weiderasen, *Erebia gorge* verhielt sich euryök.

Gruppe 7: *Euphydryas aurinia*, *Oeneis glacialis* und *Erebia pandrose* bevorzugten Weiderasen, *Melitaea asteria*, *Pyrgus andromedae* und *P. cacaliae* bevorzugten alpine Matten. Bei *Pyrgus cacaliae* und *Erebia pandrose* war diese Präferenz weniger stark ausgeprägt als bei den anderen Arten.

Aus den Höhenpräferenzen, dem phänologischen Verhalten und den Biotopansprüchen der Schmetterlingsarten ließen sich 15 verschiedene Gruppen differenzieren (Abb. 8), die jeweils aus einer bis drei Arten mit ähnlichem räumlich-zeitlichem Verbreitungsmuster im Untersuchungsgebiet bestanden.

4 Diskussion

4.1 Verbreitungstypen der Falterarten des Untersuchungsgebietes

63 % der im Untersuchungsgebiet festgestellten Falterarten kommen ausschließlich in Gebirgslagen bzw. im Norden vor (s. Tab. 2: boreomontane, arktoalpine, hochmontane und alpine Arten). 26,5 % der festgestellten Falterarten sind viel weiter verbreitet und in den Niederungen ebenfalls zu finden: *Colias palaeno*, *Gonepteryx rhamni*, *Pieris rapae*, *Inachis io*, *Vanessa atalanta*, *V. cardui*, *Aglais urticae*, *Cupido minimus* und *Aricia eumedon*. Letzteres trifft bei den restlichen 10,5 % der festgestellten Arten ebenfalls zu. Sie sind im untersuchten Gebiet jedoch durch eigene Gebirgsunterarten und -formen vertreten: *Adscita geryon*, *Euphydryas aurinia*, *Lycaena tityrus* und *Cyaniris semiargus* (EMBACHER 1996a, TOLMAN 1997).

Tab. 2: Verbreitungsschwerpunkt der im Untersuchungsgebiet festgestellten Arten (nach WARNECKE 1959, GONSETH 1987, SCHWEIZERISCHER BUND FÜR NATURSCHUTZ 1987, 1997, TOLMAN 1997). Die boreo- und arktoalpinen sowie die hochmontanen und alpinen Arten sind in Zentraleuropa auf höhere Lagen, vorwiegend im Alpenbereich, beschränkt.

Verbreitung	Arten		
Boreomontane- und arktoalpine Arten:	*Zyg exu*	*Par pho*	*Ere pan*
	Pyr and	*Bol nap*	*Ple orb*
Hochmontane und alpine Arten:	*Pyr war*	*Eup cyn*	*Ere pha*
	Pyr cac	*Oen gla*	*Ere mel*
	Col phi	*Ere eur*	*Ere gor*
	Pie bry	*Ere eri*	*Ere niv*
	Bol pal	*Ere man*	*Ere pro*
	Mel ast	*Ere epi*	*Coe gar*

Verbreitung	Arten		
Andere Verbreitungstypen:	*Col pal*	*Van car*	*Cup min*
	Gon rha	*Agl urt*	*Ari eum*
	Pie rap	*Ads ger*	*Ple opt*
	Ina io	*Eup aur*	*Pol sem*
	Van ata	*Lyc tit*	

4.2 Besonderheiten und Gefährdung der Schmetterlingsfauna des Untersuchungsgebietes

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden keine für das Salzburger Großglocknergebiet noch unbekannten Falterarten festgestellt (vgl. EMBACHER 1996a). Besonders interessant sind jedoch die Funde von *Colias palaeno* und *Plebeius optilete* in den Zwergstrauchheiden des Hochmais. Beide Arten sind an *Vaccinium*-Bestände gebunden (SCHWEIZERISCHER BUND FÜR NATURSCHUTZ 1987, EBERT & RENNWALD 1993). Von diesen beiden Glazialrelikten, die in tieferen Lagen Salzburgs Moorbewohner sind, lagen seit Jahrzehnten keine Funde mehr aus dem untersuchten Bereich der Salzburger Hohen Tauern vor (EMBACHER pers. Mitt., vgl. EMBACHER 1996a). Beide Arten sind europaweit im Rückgang begriffen (vgl. SCHWEIZERISCHER BUND FÜR NATURSCHUTZ 1987, EBERT & RENNWALD 1993). In Salzburg gelten *Colias palaeno*, *Plebeius optilete* und *Aricia eumedon* als stark gefährdet. Alle übrigen festgestellten Arten gelten derzeit in Salzburg als nicht gefährdet (vgl. EMBACHER 1996b). GROS (2004) räumt *E. aurinia* jedoch den Status einer gefährdeten Art, der alpinen Unterart *debilis* allerdings lediglich den Status eines potentiell gefährdeten Taxons, ein. Hochgebirgsarten unter den Tagfaltern und Widderchen in Salzburg sind derzeit großräumig nicht als bedroht anzusehen. Lokal kann es aber sehr wohl durch intensive Flächennutzung (starke Beweidung, Skipisten...) zu einer Gefährdung kommen. *Plebeius optilete* ist in den Voralpenmooren Salzburgs vermutlich ausgestorben (EMBACHER 1996a) und dementsprechend nur noch in höheren Lagen anzutreffen. Zur Bestandserhaltung sind Schutzmaßnahmen dringend erforderlich (EMBACHER 1996b).

4.3 Phänologie der Falterfauna

1997 verursachten die eher ungünstigen Wetterverhältnisse im Frühling sicherlich eine Verzögerung in den Flugzeiten der Tagfalter in Salzburg. So konnten Anfang Juli nur wenige Falter festgestellt wurden. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Flugperiode der Tagfalter im untersuchten Gebiet für den Jahrgang 1997 von Beginn an erfasst wurde. In meteorologisch günstigen Jahren kamen manche der beobachteten Falterarten jedoch schon im Juni zum Vorschein. So wurden 1993 bereits am 5. Juni einige Imagines von *Erebia pandrose, Pieris bryoniae* und *Aglais urticae* sowie auch ausgewachsene Raupen von *Zygaena exulans*, *Parnassius phoebus*, *Euphydryas aurinia* und *E. cynthia* im Bereich der Fuscher Lacke beobachtet (Mitt. Gros).

Die zu Beginn und in der Mitte der Saison fliegenden Arten (Abb. 4: 1. und 2. Gruppe)

sind fast zur Gänze typische Arten für hochmontane und alpine Standorte (vgl. EMBACHER 1996a). Nur *Cupido minimus* ist auch auf Magerstandorten der Niederungen in Europa weit verbreitet (EBERT & RENNWALD 1993, EMBACHER 1996a, TOLMAN 1997) und *Colias palaeno* besiedelt neben Gebirgen auch Moorstandorte (vgl. TOLMAN 1997).

Die spätfliegenden Arten (Gruppe 3) beinhalten ebenfalls einige hochmontane und alpine Schmetterlinge (vgl. EMBACHER 1996a, TOLMAN 1997), von denen Anfang September allerdings nur noch wenige abgeflogene Tiere im Untersuchungsgebiet zu sehen waren. Daneben aber nehmen die Wander- und vagabundierenden Falter (vgl. WEIDEMANN 1995, EMBACHER 1996c), die nicht auf alpine Lagen beschränkt sind, eindeutig zu. Am Hochtor konnte deshalb ab ca. Mitte August eine hohe Falterdichte beobachtet werden. Die Wanderfalter (besonders *Aglais urticae* und *Vanessa atalanta*) nutzten das dort noch reichlich vorhandene Blütenangebot, um ausreichend Energiereserven für ihre Wanderungen aufzunehmen. *Vanessa atalanta* befand sich zu diesem Zeitpunkt sicherlich auf der Rückwanderung nach Süden.

Andere beobachtete Falter, die in den Niederungen auch häufig anzutreffen sind, führen mehr oder weniger kurze Wanderflüge durch (EMBACHER 1996a): *Gonepteryx rhamni*, *Pieris rapae* (GONSETH 1987) und *Inachis io* (Binnenwanderer nach SETTELE & REINHARDT 1999). Zu dieser Gruppe zählt auch *Aglais urticae*, die noch in höheren Lagen bodenständig ist. Die zunehmende Häufigkeit von *Pieris rapae* und anderen Kurzstreckenwanderern gegen Ende der Untersuchungszeit hängt vermutlich in erster Linie mit der größeren Gesamtpopulation zu dieser Jahreszeit zusammen. Ein weiterer Grund dafür ist sicherlich auch das spärlich werdende Blütenangebot in tieferen Lagen. In der Subnivalregion, wie z. B. am Hochtor, ist dagegen zu dieser Jahreszeit noch ein reichhaltiges Blütenangebot vorhanden (NEUMAYER & PAULUS 1999).

Allein das phänologische Auftreten und die Präferenz für bestimmte Höhenstufen und Biotope führen zu einer beträchtlichen Nischenaufteilung zwischen den einzelnen tagaktiven Schmetterlingsarten (Abb. 8) Die Differenzen im raum-zeitlichen Verbreitungsmuster können verschiedene Gründe haben: Die abiotischen Faktoren Meereshöhe und Jahreszeit wirken primär über die Physiologie der Tiere, können ihre Wirkung aber ebenso sekundär über biotische Faktoren wie Nahrungspflanzenangebot für Raupen oder die Vegetationsdichte entfalten. Biotoppräferenzen können ebenfalls Ausdruck der Wirkung abiotischer (Temperatur, Feuchtigkeit, Strahlungsintensität...) und biotischer Faktoren (Nektarangebot, Fraßpflanzenangebot für Raupen, Konkurrenz, Fraßdruck, Parasitierung) sein (vgl. DREISIG 1986, GROS 1998). Weitere Nischendifferenzierungen sind durch Unterschiede im Blütenbesuch der einzelnen Arten zu erwarten (vgl. BRAKEFIELD, 1982, DREISIG 1986, LÖRTSCHER et al. 1995, DOVER 1996).

5 Danksagung

Wir bedanken uns beim Nationalparkinstitut des Hauses der Natur für die Arbeits- und Nächtigungsmöglichkeit in der Hochalpinen Forschungsstation am Oberen Nassfeld.

Für die Untersuchung alpiner Tagfalter wurde eine Unterstützung aus dem Glockner-Öko-Fonds gewährt. Dafür und für die kostenlose Benützung der Glocknerstraße bedanken wir uns herzlich bei der Großglockner-Hochalpenstraßen-AG.

Herzlicher Dank gebührt auch Herrn Mag. Dr. Martin Schwarz für die vielfache Hilfestellung und die kritische Durchsicht des Manuskripts.

6 Zusammenfassung

38 Arten von Tagfaltern und Widderchen konnten auf vier Untersuchungsflächen in der Nähe der Großglockner-Hochalpenstraße (Österreich, Salzburg) zwischen 1750 und 2620 m NN nachgewiesen werden, darunter drei Arten der Roten Liste Salzburgs (EMBACHER 1996b) (*Colias palaeno, Plebeius optilete, Aricia eumedon*).

Die Artenzahlen der drei Untersuchungsflächen zwischen 1750 und 2350 m NN waren mit 21, 26 und 29 Arten ähnlich, nur die Fläche über 2500 m NN beherbergte mit insgesamt sieben Falterarten deutlich weniger. Neben drei hochalpinen Arten, stellten dort vier Wanderfalterarten den Hauptanteil der untersuchten Schmetterlinge.

Phänologisch ließen sich die *vorkommenden* Schmetterlingsarten differenzieren in frühfliegende Arten (Flugzeit hauptsächlich im Juli), Arten, die hauptsächlich zwischen Ende Juli und dem 20. August beobachtet wurden und spätfliegende Arten (Flugzeit hauptsächlich nach dem 20. August). Vor allem der Anteil der Wanderfalter nahm gegen Ende der Untersuchung in allen Höhenbereichen zu.

Einzelne Schmetterlingsarten zeigten darüberhinaus deutliche Präferenzen für bestimmte Vegetationseinheiten bzw. Habitatstrukturen.

Unter Berücksichtigung von Höhenpräferenz, Phänologie und Biotoppräferenz der einzelnen Arten ließen sich 15 verschiedene Artengruppen differenzieren. Diese bestehen jeweils aus einer bis drei Arten mit ähnlichem räumlich-zeitlichem Verbreitungsmuster. Allein die drei untersuchten Faktoren führen also zu einer beträchtlichen Nischenaufteilung.

7 Literatur

BRAKEFIELD P.M. (1982): Ecological studies on the butterfly *Maniola jurtina* in Britain. I. Adult behaviour, microdistribution and dispersal. — J. Anim. Ecol. **51**: 713-726.

DOVER J.W. (1996): Factors affecting the distribution of satyrid butterflies on arable farmland. — J. Appl. Ecol. **33** (4): 723-734.

DREISIG H. (1986): Timing of Daily Activities in Adult Lepidoptera. — Entomol. Gen. **12**: 25-43.

EBERT G. & E. RENNWALD (1993): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Tagfalter Band 1 und 2, 2. Aufl., — Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 552 und 535 pp.

EMBACHER G. (1996a): Die Tagfalter der Salzburger Hohen Tauern (Lepidoptera: Rhopalocera, Hesperiidae). — Wiss. Mitt. Nationalpark Hohe Tauern **2**: 43-74.

EMBACHER G. (1996b): Rote Liste der Großschmetterlinge Salzburgs. 3. Auflage. — Naturschutz-Beiträge/Land Salzburg **7/96**: 1-43.

EMBACHER G. (1996c): Wanderfalter und Irrgäste im Bundesland Salzburg (Österreich) (Insecta, Lepidoptera). — Atalanta **27**: 505-516.

EMBACHER G. (2000): Prodromus 2000. Die Großschmetterlinge Salzburgs. Kommentierte Liste - Verbreitung - Gefährdung (Insecta: Lepidoptera). Systematisches Verzeichnis mit Verbreitungsangaben für die geologischen Zonen des Landes. — Naturschutz-Beiträge/Land Salzburg **25**: 85pp.

EMBACHER G. (2001): Änderungen und Ergänzungen für das Land Salzburg in "Die Schmetterlinge Österreichs) (HUEMER & TARMANN 1993) (Insecta: Lepidoptera). — Ent. Nachrbl. **8**: 4-11.

GONSETH Y. (1987): Verbreitungsatlas der Tagfalter der Schweiz (Lepidoptera Rhopalocera) (mit Roter Liste). — Documenta Faunistica Helvetiae, Centre suisse de cartographie de la faune, 242 pp.

GROS P. (1998): Eiablage und Futterpflanzen der Falter der Gattung *Pyrgus* HÜBNER, 1819 im Bundesland Salzburg, unter besonderer Berücksichtigung von *Pyrgus andromedae* (WALLENGREN, 1853) (Lepidoptera: Hesperiidae, Pyrginae). — Z. Arbeitsgem. Österr. Ent. **50**: 29-36.

GROS P. & G. EMBACHER (1998): *Pyrgus warrenensis* (VERITY, 1928) und *P. trebevicensis* (WARREN, 1926), zwei für die Fauna Salzburgs neue Dickkopffalterarten (Lepidoptera: Hesperiidae, Pyrginae). — Z. Arbeitsgem. Österr. Ent. **50**: 3-16.

GROS P. (2004): Die Verantwortung des Bundeslandes Salzburg für die Erhaltung EU-geschützter Tagfalterarten der FFH-Richtlinie (92/43/EWG) und Vorschlag für die Bewertung dieser Arten in der Roten Liste der gefährdeten Schmetterlinge Salzburgs. — Mitt. Haus der Natur **16**: 97-117.

KARSHOLT O. & J. RAZOWSKI (1996): The Lepidoptera of Europe. A distributional checklist. — Apollo Books, Stenstrup, 380pp.

KERR J.T. (2001). Butterfly species richness patterns in Canada: energy, heterogeneity, and the potential consequences of climate change. — Conserv. Ecol. **5** (1): 10.

KINGSOLVER J.G. & R.J. MOFFAT (1982): Thermoregulation and the determinants of heat transfer in *Colias* butterflies. — Oecologia **53**: 27-33.

LÖRTSCHER M., ERHARDT A. & J. ZETTEL (1995): Microdistribution of butterflies in a mosaic-like habitat: The role of nectar sources. — Ecography **18**: 15-26.

NEUMAYER J. & H.F. PAULUS (1999): Ökologie alpiner Hummelgemeinschaften: Blütenbesuch, Ressourcenaufteilung und Energiehaushalt. Untersuchungen in den Ostalpen Österreichs. — Stapfia **67**: 246+LXXXV pp.

SCHMITZ H. (1994) Thermal characterization of butterfly wings: 1. Absorption in relation to different color, surface structure and basking type. — J. Therm. Biol. **19** (6): 403-412.

SCHMITZ H. & H. TRIBUTSCH (1994): Die Eigenschaften von Schmetterlingsflügeln als Solarabsorber. — Verh. Dt. Zool. Ges. **87**: 112.

SCHWEIZERISCHER BUND FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (1987): Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. Schweiz und angrenzende Gebiete. — Fotorotar, Egg (CH), 516 pp.

SCHWEIZERISCHER BUND FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (1997): Schmetterlinge und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. Schweiz und angrenzende Gebiete. — Fotorotar, Egg (CH) 679 pp.

SETTELE, J. & R. REINHARDT (1999): Ökologie der Tagfalter Deutschlands: Grundlagen und Schutzaspekte: 60-123. In: SETTELE, J., R. FELDMANN, R. REINHARDT (Hrsg.) (1999): Die Tagfalter Deutschlands. — Ulmer Verlag, Stuttgart, 452 pp.

TERÄS I. (1985): Food plants and flower visits of bumblebees in southern Finland. — Acta Zool. Fenn. **179**: 1-120.

TOLMAN T. (1997): Butterflies of Britain and Europe. — Harper-Collins-Publishers, London, 320 pp.

VIELMETTER W. (1958): Physiologie des Verhaltens zur Sonnenstrahlung bei dem Tagfalter *Argynnis paphia* L. I. Untersuchungen im Freiland. — J. Insect Physiol. 2: 13-37.

VAN SWAAY C.A.M & M.S. WARREN (1999): Red data book of European butterflies (Rhopalocera). — Nature and Environment **99**, Council of Europe Publishing, Strasbourg.

WARNECKE G. (1959): Verzeichnis der boreoalpinen Lepidopteren. — Zeitschr. Wiener Ent. Ges. **44**: 17-26.

WEIDEMANN H. J. (1995): Tagfalter: beobachten, bestimmen, 2. Aufl., — Naturbuch Verlag, Augsburg: 1-659.

Anschrift der Verfasser: Mag. Dr. Johann NEUMAYER
Obergrubstraße 18
A-5161 Elixhausen, Österreich
E-Mail: jneumayer@eunet.at

Mag. Dr. Patrick GROS
Haus der Natur
Museumsplatz 5
A-5020 Salzburg, Österreich
E-Mail: patrick.gros@hausdernatur.at

Mag. Dr. Maria SCHWARZ-WAUBKE
Eben 21
A-4202 Kirchschlag, Österreich
E-Mail: schwarz-entomologie@utanet.at